

Xenobots: lebendige Roboter?

Xenobots heißen die lebendigen, computer-designten Organismen, die US-amerikanische Forschende mithilfe eines Supercomputers entwickelt haben (Kriegman et al. 2020).¹ Ihr Namensgeber und Zelllieferant ist *Xenopus laevis* (lat.), der Afrikanische Krallenfrosch oder Apothekerfrosch. Die Vorsilbe „xeno“ (abgeleitet von griechisch *xénos*, was so viel bedeutet wie „Gast“, „Fremder“) verweist darauf, dass die zu einem Organismus zusammengefügte Zellen andere Funktionen als die von ihrem ursprünglichen genetischen Bauplan vorgesehenen erfüllen können. Von der Synthetischen Biologie (Synbio) vorangetrieben (siehe Thema [Künstliches Leben](#)), sind Xenobots ein erstes Beispiel für eine künstlich geschaffene Lebensform mit speziellen Eigenschaften. Sie bestehen aus ausschließlich lebenden,² tierischen Haut- und (Herz-)Muskelzellen, die den Organismen durch ihr kontinuierliches Pulsieren eine eingeschränkte Fortbewegung ermöglichen.³ Darüber hinaus können die lebenden Maschinen schwimmen, kleine Lasten transportieren, in Gruppen zusammenarbeiten und sich selbst heilen. Wie ist es möglich, solche künstlichen Organismen zu entwickeln? Dazu entwirft ein Computer in vielzähligen Simulationen anhand eines „Evolutionalgorithmus“, d. h. mithilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz, unterschiedliche Baupläne, aus denen geeignete Designs ausgewählt werden.

Welchen Nutzen versprechen sich die Forschenden von Xenobots? Die ersten Studien zu den lebenden Robotern dienen vordergründig dazu, die Machbarkeit dieser neuen Technologie aufzuzeigen und die Erforschung der „Mechanismen des Lebens“⁴ voranzutreiben. Die Zukunftserwartungen in Hinblick auf den gesellschaftlichen Nutzen gehen in zwei Richtungen, abhängig vom eingesetzten Zellmaterial. Xenobots, die aus Tierzellen gebaut werden, versprechen vielseitiges Anwendungspotenzial, bspw. beim Aufspüren radioaktiver bzw. toxischer Kontamination in verseuchten Gegenden oder bei der Reinigung der Meere von Mikroplastik. Werden die Mini-Organismen aus menschlichen Zellen hergestellt, könnten diese vor

¹ Gefördert wurde das Forschungsunternehmen durch das Programm „Lifelong Learning Machines (L2M)“ der DARPA, siehe militaryembedded.com/ai/machine-learning/darpa-program-progress-seen-on-lifelong-learning-for-machines.

² Die derzeitige Lebensdauer der Xenobots reicht bis zu sieben Tagen; mithilfe von nährstoffreichen Substraten kann ihre Lebensdauer auf mehrere Wochen ausgedehnt werden.

³ Die mittlerweile zweite Generation an Xenobots – auch als Xenobots 2.0 bezeichnet – unterscheidet sich von der ersten Generation dadurch, dass sich die aus Stammzellen entwickelnden Organismen selbständig zu einem kugelförmigen Körper zusammenbauen und keine extra Muskelzellen zur Fortbewegung benötigen, siehe Blackiston, et al. (2021).

⁴ Erklärtes Ziel ist die Erforschung von biologischen Strukturen, um Kontrolle über Wachstum und Form von Organismen zu gewinnen, die bei der Lösung von Problemen, wie Geburtsfehler, Krebs, oder altersbedingten Krankheiten, helfen könnten.

allein für die biomedizinische Forschung von hoher Relevanz sein. Dort sollen Xenobots, die aus körpereigenen Zellen einer z. B. an Krebs erkrankten Person entwickelt werden, in Folge von der betroffenen Person geschluckt werden und dann eigenständig den Weg zum Krebstumor finden, um dort gezielt Medikamente abgeben zu können. Ähnlich wäre der Vorgang, um z. B. verkalkte Arterien von innen heraus von Plaque zu befreien. Ein Vorteil dieser Zukunftsanwendung wird dabei in der besseren Immunverträglichkeit der von außen eingebrachten Organismen gesehen, da sie aus körpereigenem Material entwickelt werden könnten.⁵

Obwohl diese Anwendungsszenarien noch in weiter Ferne liegen, stellen sich in Anbetracht der gegenwärtigen Entwicklung weitreichende ethische und soziale Fragen. Allen voran die zentrale Frage: Was sind Xenobots überhaupt und welchen Status hätten sie in unserer Gesellschaft? Erfüllen sie ausreichende Anforderungen, um als Lebewesen klassifiziert zu werden? Und ab wann sollten wir die künstlich erzeugten, lebendigen Organismen als Lebensformen mit Eigeninteressen ansehen und schützen?⁶ Die Forschung an den künstlichen, lebenden Maschinen erfolgt zu einem großen Teil öffentlich und unter Einbeziehung rechtlicher Expertise; auch der Quellcode, der für die Entwicklung der computer-designeten Wesen eingesetzt wurde, ist kostenlos und öffentlich zugänglich.⁷ Trotzdem bleibt die Frage offen, wie das Bewusstsein der Gesellschaft für diese komplexe und noch wenig ausgereifte Entwicklung und ihre möglichen Konsequenzen geschärft werden kann. Ein breit angelegter Foresight-Prozess, der auf die Diskussion und Reflexion von Xenobots und ähnlichen Entwicklungen⁸ in der Gesellschaft abzielt, könnte die Grundlage für erwünschte, zukünftige Forschungs- und Entwicklungspfade und für notwendige und nachhaltige, politische Rahmenbedingungen liefern.

Zitierte Literatur

- Blackiston, D. et al. 2021, A cellular platform for the development of synthetic living machines, *Science Robotics* 6(52), eabf1571.
- Kriegman, S. et al. 2020, A scalable pipeline for designing reconfigurable organisms, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(4), 1853.
- Lavazza, A. und Massimini, M., 2018, Cerebral organoids: ethical issues and consciousness assessment, *Journal of Medical Ethics* 44(9), 606.

⁵ bioethics.net/2020/02/living-robots-ethical-questions-about-xenobots/.

⁶ Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Xenobots mit Blutgefäßen, Nervensystemen, Sinneszellen und Augen werden von den Forschenden bereits angedacht, siehe theguardian.com/science/2020/jan/13/scientists-use-stem-cells-from-frogs-to-build-first-living-robots.

⁷ github.com/skriegman/reconfigurable_organisms.

⁸ In engem Zusammenhang mit der ethisch-sozialen Debatte um Xenobots stehen Organoide (organähnliche Mikrostrukturen, die aus menschlichen Zellen gezüchtet werden und z. B. für Entwicklung von individuell angepassten Medikamenten genutzt werden). Zu ethischen Aspekten von Organoiden siehe Lavazza/Massimini (2018).